

# Sintonización de Aplicaciones científico/ingenieriles: un proceso de medición-mejora para incrementar la eficiencia

Caymes-Scutari Paola<sup>1,2</sup>, Bianchini Germán<sup>1</sup>, Tardivo M. Laura<sup>1,3</sup>, Méndez-Garabetti Miguel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido  
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información  
Facultad Regional Mendoza/Universidad Tecnológica Nacional  
Rodríguez 273 (M5502AJE) Mendoza, +54 261 5244579

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>3</sup>Departamento de Computación Paralelo/Distribuido  
Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales  
Universidad Nacional de Río Cuarto  
Rodríguez 273 (M5502AJE) Mendoza, +54 261 5244579

pcaymesscutari@frm.utn.edu.ar, gbianchini@frm.utn.edu.ar, lauratardivo@dc.exa.unrc.edu.ar,  
miguelmendezgarabetti@gmail.com

## RESUMEN

La medición constituye una disciplina fundamental para guiar la toma de decisiones. La motivación por medir ha estado históricamente ligada a la necesidad de seleccionar la alternativa más prometedora para mejorar la calidad de los productos y/o procesos. El campo de la informática/procesamiento no escapa a esto, y es allí donde emerge la Sintonización como un proceso de medición-mejora permanente de las aplicaciones, con la finalidad de ajustar y/o adecuar el comportamiento dinámico de la aplicación y lograr una ejecución globalmente más eficiente. En este proyecto se propone abordar la sintonización de aplicaciones de interés científico/ingenieril a través de la utilización de diferentes técnicas y modelos de rendimiento, como así también del estudio y definición de nuevos modelos. Aplicaciones de diversa naturaleza podrán

valerse de los beneficios de este proceso: aplicaciones paralelas, de predicción, de generación foto-realista o renderización, *big data*, métodos de reducción de incertidumbre, etc. La calidad de la ejecución, la reducción del tiempo de ejecución, y la eficiencia en la utilización de los recursos computacionales, son los tres objetivos principales al incluir capacidades para la sintonización, a través de modelos y métricas que detectan la aparición de problemas y activan las acciones correctivas o de mejora.

**Palabras clave:** Sintonización Automática, Modelo de Rendimiento, Sintonización Dinámica, Aplicaciones Paralelas.

## CONTEXTO

El proyecto SIUTIME0007840ME inició su ejecución en enero de 2020, en el

marco del LICPaD (Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido) dentro del ámbito de la UTN-FRM. El mismo continúa la línea de investigación de proyectos previos de nuestro laboratorio, pero en esta oportunidad haciendo foco en la necesidad del proceso de medición-mejora. Tal como expresara a finales del siglo XIX el físico Lord Kelvin, *‘cuando puedes medir sobre lo que estás diciendo y expresarlo en números, sabes algo sobre ello, pero cuando no puedes medirlo ni expresarlo en números entonces tu conocimiento es precario e insatisfactorio’*. Y así es que continuamente realizamos mediciones que nos guían a la hora de tomar decisiones y seleccionar la alternativa que creemos mejor, tanto en nuestra vida personal a la hora de comprar un producto, seleccionar una ruta, o elegir un médico, como en lo que respecta a diversas actividades profesionales. La necesidad y motivación por medir está ligada fundamentalmente a la mejora de calidad continua que requieren los procesos y productos. Para poder asegurar que un proceso o sus productos resultantes son de calidad, o bien para poder realizar comparaciones, es necesario asignar valores, descriptores, indicadores o algún otro mecanismo mediante el cual se pueda llevar a cabo dicha comparación [1]. El campo de la informática y del procesamiento no escapan a esta necesidad de medición, evaluación y mejora, y es allí donde emerge la Sintonización como un proceso de medición-mejora permanente de las aplicaciones, con la finalidad de ajustar y/o adecuar el comportamiento dinámico de las mismas y lograr una ejecución globalmente más eficiente [2]. Ésta es precisamente la temática abordada en este proyecto.

## 1. INTRODUCCIÓN

Frecuentemente, y sobre todo en sistemas críticos, es necesario realizar mediciones para comparar y contrastar diferentes aspectos que hacen poner en relieve la aproximación, herramienta o aplicación más adecuada para el problema que hemos de resolver. La sintonización automática es un paradigma tecnológico que permite que los programas sean adaptables a una variedad de condiciones computacionales. Su mayor auge se ha originado en estrecha relación a la computación de alto rendimiento, dados los requerimientos de rendimiento inherentes a todo sistema paralelo/distribuido [3,4]. El proceso de Sintonización involucra varias **fases** sucesivas que se relacionan en pos del objetivo de mejorar la calidad de la aplicación y de su ejecución. La primera etapa es la **Instrumentación**, en la cual la aplicación es anotada a fin de habilitar la medición de valores propios de la aplicación y/o su ejecución (capturar valores de variables, medir tiempos de ocio o ejecución, etc.). La segunda etapa es la **Monitorización**, durante la cual se recolectan, se clasifican y se almacenan los datos obtenidos por medio de la instrumentación. La siguiente etapa es la de **Análisis**, en la que las mediciones y la información monitorizadas son evaluadas y valoradas a fin de detectar posibles cuellos de botella que actúen en detrimento de la calidad de la ejecución. La etapa final del proceso se denomina **Sintonización** en sí misma, pues es la que introduce y materializa los cambios necesarios en la aplicación para adaptar su comportamiento y ajustar su rendimiento. Cabe mencionar que la fase de análisis constituye el corazón del proceso, y es la fase más compleja de tratar y programar, ya que requiere contar con algún tipo de conocimiento experto

sobre el problema a resolver a fin de evaluar, valorar y tomar decisiones sobre cuál es la mejor acción a tomar frente a la aparición de un problema de rendimiento. Para la toma de decisiones, en cada una de las distintas aproximaciones se suelen utilizar modelos matemáticos, lógica difusa, ciertos algoritmos, y/o métodos basados en la historia. Cada uno de ellos tiene características diferentes en cuanto a la calidad de los resultados obtenidos, la sobrecarga que ocasionan sobre la aplicación original, y la velocidad de respuesta con la que son arrojadas las decisiones [2, 4].

En particular, el proyecto propone dar tratamiento al estancamiento y convergencia prematura que aquejan a diversos algoritmos evolutivos poblacionales [5], a fin de modelar, detectar y actuar en consecuencia para aplicar acciones de sintonización que permitan paliar el efecto negativo que ocasionan en los resultados. Existen diversos algoritmos que utilizan una población de soluciones candidatas en el proceso de búsqueda de una solución aceptable para un problema dado [6, 7]. Dichos algoritmos se basan en conceptos estadísticos y evolutivos a partir de los que consideran que trabajar con una muestra suficientemente representativa del universo de búsqueda es suficiente para alcanzar un resultado aproximado a la solución óptima. Dicha muestra está compuesta por elementos del dominio de búsqueda (también denominados **individuos**, con diferentes características: cada individuo, usualmente, representa un conjunto de parámetros con los que ha de interpretarse un modelo de simulación o ejecutarse un algoritmo, y es en el valor de tales parámetros de entrada en donde difieren unos individuos de otros, con el consecuente efecto en la salida que arrojará el programa), los cuales son

sometidos a alguna transformación y/o combinación a lo largo de las iteraciones, hasta que se converge a un óptimo, que en el mejor de los casos será el óptimo global. La computación evolutiva se enmarca en estos principios, y en la taxonomía reúne una variedad de algoritmos cuyos principales puntos de encuentro son la utilización de poblaciones, alguna forma de medir la calidad de los individuos, el constante proceso de selección de los supervivientes a lo largo de las iteraciones (o también denominadas generaciones), y en la utilización de ciertos criterios de parada que permiten decidir, respectivamente, cuándo finalizar una generación para pasar a la siguiente, y cuándo terminar el algoritmo [6].

Cada algoritmo se caracteriza por los operadores que utiliza, los cuales definen la forma en la que el algoritmo transforma, combina o recombina los individuos de la población, ya sea individualmente, entre sí, o creando nuevos individuos. En este grupo de algoritmos cabe mencionar los algoritmos genéticos, los algoritmos evolutivos, la evolución diferencial, colonia de hormigas o abejas, entre otros [6]. Asimismo, existen diversas herramientas –entre ellas las de reducción de incertidumbre [7, 8, 9]– que se valen de los algoritmos evolutivos para guiar su proceso de búsqueda. Un punto de interés común a todos ellos se refiere al criterio de parada o finalización de cada generación. La decisión de frenado, usualmente, se basa en alcanzar cierto umbral en cuanto a la calidad de los resultados obtenidos hasta el momento, y/o a iterar una cierta cantidad de generaciones. No obstante, dichos criterios no siempre son representativos del comportamiento global de la población corriente ni de las características del problema particular que

se esté tratando, por lo que frecuentemente el proceso evolutivo se ve degradado por la convergencia prematura o el estancamiento, dos situaciones que van en detrimento de la calidad de los resultados y que sobrecargan y retrasan la toma de decisiones incrementando innecesariamente el tiempo de cómputo [5].

## **2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN y DESARROLLO**

En este proyecto, el cual continúa la línea de trabajo de otros cinco proyectos previos vinculados a la sintonización y al desarrollo automático, se propone la definición de modelos de rendimiento para su utilización en la sintonización automática y dinámica basada en modelos matemáticos de rendimiento. Que la sintonización sea automática significa que el propio algoritmo o aplicación será dotado con la capacidad de realizar todas las etapas del proceso de sintonización, sin necesidad de que el usuario intervenga. Que sea dinámica significa que el proceso de mejora se llevará a cabo a la vez que el programa o aplicación esté ejecutándose, lo cual permitirá reflejar de modo inmediato las decisiones que se tomen en pos de la mejora del rendimiento, y así lograr ejecuciones más eficientes y adaptadas a las características de los datos particulares de entrada y al estado corriente del entorno de ejecución. [2, 4]. Que el proceso de sintonización esté basado en modelos matemáticos de rendimiento significa que el conocimiento experto que se utilizará en la etapa de Análisis estará centrado en la utilización de un conjunto de expresiones que modelan algún problema de rendimiento particular, lo cual, a la hora de tomar

decisiones se reduce a la evaluación de tales expresiones matemáticas a partir de los datos recopilados durante la monitorización, lo que permite una toma de decisiones concisa en un tiempo de cómputo razonable, muchas veces despreciable en relación a la ejecución global del programa [2].

Dicha temática puede clasificarse dentro del área del Cómputo Paralelo, la Computación Evolutiva, la Sintonización automática y dinámica, y el Modelado.

## **3. RESULTADOS ESPERADOS**

Se espera obtener dos tipos de resultados: por un lado, lograr el objetivo de sintonización en sí mismo, y de esa forma hacer un aporte a la mejora en el desempeño de los sistemas o métodos bajo estudio. Por otro lado, se espera mejorar los modelos de rendimiento existentes y a la vez definir nuevos modelos que superen las posibilidades de mejora.

## **4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

La temática propuesta por este proyecto permite continuar con la formación de los distintos integrantes del grupo de trabajo, de forma complementaria a la formación adquirida hasta el momento. En el caso particular de la Lic. Tardivo, su participación en el proyecto resulta natural dado que representa una temática estrechamente relacionada con su trabajo doctoral, el cual ha sido depositado para su defensa a lo largo del corriente año. En el caso del Mg. Ing. Méndez Garabetti la temática también resulta transversal a su plan de tesis doctoral (la cual acaba de

depositarse) y naturalmente seguirá avanzando y desarrollándose también en esta línea de investigación. Tanto la Lic. Tardivo como el Mg. Méndez Garabetti realizaron el Doctorado en Ciencias de la Computación de la Universidad Nacional de San Luis. Asimismo, el grupo de trabajo siempre está abierto a la incorporación de nuevos integrantes (de grado o postgrado) que deseen familiarizarse con las temáticas que aquí se describen.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Piattini Velthuis, M., García Rubio, F., Garzás Parra, J., Genero Bocco, M. (2008) Medición y Estimación del Software – Técnicas y métodos para mejorar la calidad y la productividad. Alfaomega Ra-Ma.
- [2] Caymes-Scutari, P., Bianchini, G., Sikora, A., Margalef, T., (2016) “Environment for Automatic Development and Tuning of Parallel Applications” HPCS 2016, International Workshop on Parallel Optimization using/for Multi and Many-core High Performance Computing, Innsbruck, Austria. pp. 743-750. IEEE.
- [3] Wilkinson, B., Allen, M. (2005) Parallel Programming: Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers. Pearson Prentice Hall.
- [4] Naono, K., Teranishi, K., Cavazos, J. y Suda, R. (2010) Software Automatic Tuning: From Concepts to State-of-the-Art Results, Springer, New York.
- [5] Lampinen, J. y Zelinka, I. (2000), “On the Stagnation of the Differential Evolution algorithm”, I.C. Soft Computing, pp. 76-83.
- [6] Talbi, E. (2009) Metaheuristics: From Design to Implementation. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey
- [7] Bianchini, G., Denham, M., Cortés, A., Margalef, T., Luque, E. (2010) “Wildland Fire Growth Prediction Method Based on Multiple Overlapping Solution”, Journal of Computational Science Vol 1 Issue 4, pp. 229-237. Elsevier.
- [8] Tardivo, M.L., Caymes-Scutari, P., Méndez-Garabetti, M. y Bianchini, G. (2017) “Optimization for an Uncertainty Reduction Method Applied to Forest Fires Spread Prediction”, Computer Science – Cacic 2017, pp. 13-23. Springer.
- [9] Mendez Garabetti, M. Bianchini, G., Caymes Scutari, P., Tardivo M.L. (2016). “Increase in the quality of the prediction of a computational wildfire behavior method through the improvement of the internal metaheuristic”, Fire Safety Journal, pp. 49-62. Elsevier.